

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Shaowei ZHU, et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: CRYOGENIC REFRIGERATOR

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.

Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed

Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2003-092027	March 28, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

are submitted herewith

will be submitted prior to payment of the Final Fee

were filed in prior application Serial No. filed

were submitted to the International Bureau in PCT Application Number
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

(A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and

(B) Application Serial No.(s)
 are submitted herewith
 will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.


C. Irvin McClelland

Registration No. 21,124

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2003年 3月28日

出願番号 Application Number: 特願2003-092027

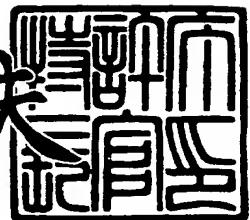
[ST. 10/C]: [JP2003-092027]

出願人 Applicant(s): アイシン精機株式会社

2004年 2月24日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫





【書類名】 特許願

【整理番号】 P000013910

【提出日】 平成15年 3月28日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 F25B 9/02

【発明の名称】 極低温発生装置

【請求項の数】 14

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内

【氏名】 朱 紹偉

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内

【氏名】 河野 新

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内

【氏名】 井上 龍夫

【特許出願人】

【識別番号】 000000011

【氏名又は名称】 アイシン精機株式会社

【代表者】 豊田 幹司郎

【代理人】

【識別番号】 100081776

【弁理士】

【氏名又は名称】 大川 宏

【電話番号】 (052)583-9720



【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009438

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 極低温発生装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 冷媒を圧送する吐出ポート及び冷媒を吸い込む吸込ポートを有する圧送手段と、被冷却体を冷却する冷却手段と、前記圧送手段の吐出ポートと前記冷却手段とを連通すると共に相対的に高圧の冷媒が流れる高圧通路と、前記圧送手段の吸込ポートと前記冷却手段とを連通すると共に相対的に低圧の冷媒が流れる低圧通路と、前記高圧通路に直列に並設され前記高圧通路を流れる冷媒を熱交換で冷却する1又は2以上の熱交換器とを具備する極低温発生装置において、

前記熱交換器は、前記冷却手段に流入する前の高圧通路の冷媒の圧力を低下させる圧損促進型の熱交換器を含み、

前記圧損促進型の熱交換器に流入する前の冷媒の圧力を P_h とし、前記冷却手段に流入する前の冷媒の圧力を P_c とし、 P_h と P_c との圧力の差を100%としたとき、前記圧損促進型の熱交換器は、

100%のうちの5%以上の比率で冷媒の圧力を低下させつつ、冷媒を冷却させることを特徴とする極低温発生装置。

【請求項2】 請求項1において、前記熱交換器は複数具備されており、前記圧損促進型の熱交換器は、複数個の熱交換器のうち、冷媒の流れにおいて前記冷却手段に最も近い側の熱交換器であることを特徴とする極低温発生装置。

【請求項3】 請求項1または請求項2において、冷媒の圧力 P_h は0.1~1000MPaであり、前記高圧通路において前記圧損促進型の熱交換器に流入する前の冷媒の温度を T_h とし、前記冷却手段に流入する前の冷媒の温度を T_c とし、 T_h と T_c との温度の差を100%としたとき、前記圧損促進型の熱交換器は、100%のうちの5%以上の比率で冷媒の温度を低下させることを特徴とする極低温発生装置。

【請求項4】 請求項1~請求項3のうちのいずれか一項において、前記圧損促進型の熱交換器は、前記低圧通路の冷媒により熱交換で前記高圧通路の冷媒を冷却する向流型の熱交換器であることを特徴とする極低温発生装置。

【請求項5】 請求項1~請求項4のうちのいずれか一項において、予冷冷凍機

が設けられており、前記高圧通路は、前記高圧通路の冷媒を前記予冷冷凍機で予冷する予冷部を有することを特徴とする極低温発生装置。

【請求項 6】請求項 5において、前記予冷冷凍機はパルス管冷凍機、ギフォード・マクマホン冷凍機、ソルベイ冷凍機、ヴィルミエ冷凍機、またはスターリング冷凍機のいずれかであることを特徴とする極低温発生装置。

【請求項 7】請求項 5または請求項 6において、前記圧送手段は、圧縮して高圧にした冷媒を前記高圧通路に冷媒を送給すると共に、前記予冷冷凍機の高圧通路に送給することを特徴とする極低温発生装置。

【請求項 8】請求項 1～請求項 7のうちのいずれか一項において、前記圧損促進型の熱交換器は、前記高圧通路に連通すると共に熱交換媒体と熱交換可能な圧損通路を有しており、前記圧損通路の流路径は 0.1～15 ミリメートルに設定されていると共に、前記圧損通路の長さは 0.1～200 メートルに設定されていることを特徴とする極低温発生装置。

【請求項 9】請求項 1～請求項 8のうちのいずれか一項において、 P_h と P_c との圧力の差を 100 %としたとき、前記圧損促進型の熱交換器は 100 %のうちの 50 %以上の比率で冷媒の圧力を低下させることを特徴とする極低温発生装置。

【請求項 10】請求項 1～請求項 9のうちのいずれか一項において、前記圧損促進型の熱交換器は、前記高圧通路に連通すると共にスパイラル状に形成され且つ熱交換媒体と熱交換可能な圧損通路を有することを特徴とする極低温発生装置。

【請求項 11】請求項 1～請求項 9のうちのいずれか一項において、前記圧損促進型の熱交換器は、前記高圧通路に連通すると共に熱交換媒体と熱交換可能な圧損通路を有しており、前記圧損通路は、冷媒の流れに対して抵抗となる抵抗体を通路内に配置することにより形成されていることを特徴とする極低温発生装置。

【請求項 12】請求項 1～請求項 9のうちのいずれか一項において、前記圧損促進型の熱交換器は、高圧通路に連通すると共に熱交換媒体と熱交換可能な圧損通路を形成する通路形成部材を有しており、前記通路形成部材間にスペーサ部

材が設けられており、前記スペーサ部材により熱交換媒体が流れる流路を前記通路形成部材間に形成していることを特徴とする極低温発生装置。

【請求項 13】請求項 1～請求項 9 のうちのいずれか一項において、前記圧損促進型の熱交換器は、前記高圧通路に連通すると共に熱交換媒体と熱交換可能な圧損通路を細孔で形成する多孔質体を有していることを特徴とする極低温発生装置。

【請求項 14】請求項 1～請求項 9 のうちのいずれか一項において、前記圧損促進型の熱交換器は、前記高圧通路に連通すると共に熱交換媒体と熱交換可能な圧損通路を有しており、前記圧損通路は、貫通孔を有する複数個の板状部材を並設することにより形成されていることを特徴とする極低温発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は極低温発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

ジュールトムソン冷凍機を例にとって従来技術について説明する。ジュールトムソン冷凍機は、特許文献 1、特許文献 2 等に開示されており、冷凍能力を得るためにジュールトムソン効果を用いる冷凍機である。ジュールトムソン効果は、高圧ガスの圧力が低下すると、その温度が低下するものである。単純なジュールトムソン冷凍機は、高圧ガス源、熱交換器、ジュールトムソン弁を含む。高圧ガス源の高圧のガスは熱交換器に流入し、低圧ガスのリターンにより熱交換器において冷却され、ジュールトムソン弁を通って等エンタルピー膨張を生じて低圧となり、冷媒の温度が低下する。このとき冷凍能力を得ることができる。

【0003】

一般的には、4 K程度の冷凍を得る 4 K冷凍機は、ジュールトムソン回路と呼ばれる単純なジュールトムソン冷凍機と、予冷用の 2 段パルス管冷凍機と、高圧ガスを供給するコンプレッサユニットとを有する。これは、ヘリウムガスにより 4 K 温度を実現するための最も効果的な方法である。4 K冷凍機の主な用途は

、 M R I 、 S Q U I D 、 その他の超伝導装置の冷却用である。

【0004】

ジュールトムソン回路と予冷用2段パルス管冷凍機とを有する冷凍機においては、主に三つの部分に分けられる。それは、コンプレッサー部、ジュールトムソン回路、2段パルス管冷凍機である。

【0005】

【特許文献1】 特開平10-26428号公報

【特許文献2】 米国特許U.S.P. 4766741

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

産業界では、極低温を得るのに有利な極低温発生装置の開発が更に進められている。

【0007】

本発明は上記した実情に鑑みなされたものであり、極低温を得るのに有利であり、ヘリウム等の冷媒の液化に有利な極低温発生装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明者は極低温発生装置について鋭意開発を進めている。そして、冷媒を圧送する吐出ポート及び吸込ポートを有する圧送手段と、被冷却体を冷却する冷却手段と、圧送手段の吐出ポートと冷却手段とを連通すると共に相対的に高圧の冷媒が流れる高圧通路と、圧送手段の吸込ポートと冷却手段とを連通すると共に相対的に低圧の冷媒が流れる低圧通路と、高圧通路に直列に並設され高圧通路を流れる冷媒を熱交換で冷却する1又は2以上の熱交換器とを具備する極低温発生装置において、熱交換器は、冷却手段に流入する前の高圧通路の冷媒の圧力を低下させる圧損促進型の熱交換器を含む構成とし、

圧損促進型の熱交換器に流入する前の冷媒の圧力をP_hとし、冷却手段に流入する前の冷媒の圧力をP_cとし、P_hとP_cとの圧力の差を100%としたとき、圧損促進型の熱交換器は、100%のうちの5%以上の比率で冷媒の圧力を低下させつつ、冷媒を冷却させることにすれば、冷却手段において極低温を得るの

に有利であることを知見した。本発明は上記した知見に基づいて開発されたものである。

【0009】

従来の極低温発生装置において使用されている熱交換器は、冷媒が流れる際の圧損をできるだけ少なくするように設計されていた。これに対して本発明によれば、冷却手段に近い側の熱交換器として、冷却手段に流入する前の高圧通路の冷媒の圧力を積極的に低下させる機能を有する圧損促進型の熱交換器としており、従来技術とは設計思想を異にするものである。

【0010】

すなわち、本発明に係る極低温発生装置は、冷媒を圧送する吐出ポート及び冷媒を吸い込む吸込ポートを有する圧送手段と、被冷却体を冷却する冷却手段と、圧送手段の吐出ポートと冷却手段とを連通すると共に相対的に高圧の冷媒が流れる高圧通路と、圧送手段の吸込ポートと冷却手段とを連通すると共に相対的に低圧の冷媒が流れる低圧通路と、高圧通路に直列に並設され高圧通路を流れる冷媒を熱交換で冷却する1又は2以上の熱交換器とを具備する極低温発生装置において、

熱交換器は、冷却手段に流入する前の高圧通路の冷媒の圧力を低下させる圧損促進型の熱交換器を含み、

圧損促進型の熱交換器に流入する前の冷媒の圧力を P_h とし、冷却手段に流入する前の冷媒の圧力を P_c とし、 P_h と P_c との圧力の差を100%としたとき、前記圧損促進型の熱交換器は、100%のうちの5%以上の比率で冷媒の圧力を低下させつつ、冷媒を冷却させることを特徴とするものである。

【0011】

本発明に係る極低温発生装置によれば、圧損促進型の熱交換器に流入する前の冷媒の圧力を P_h とし、冷却手段に流入する前の冷媒の圧力を P_c とし、 P_h と P_c との圧力の差を100%としたとき、圧損促進型の熱交換器は、100%のうちの5%以上の比率で冷媒の圧力を低下させつつ、冷媒を冷却させる。これにより冷却手段において極低温を得るのに有利となり、ヘリウム等の冷媒の液化率を高めることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】

本発明に係る極低温発生装置によれば、圧損促進型の熱交換器は、冷媒のガスを熱交換で冷却しつつ、そのガス圧力を低下させるものを意味する。前述したように、 P_h と P_c との圧力の差を 100 % としたとき、圧損促進型の熱交換器は、100 % のうちの 5 % 以上の比率で冷媒の圧力を低下させつつ、冷媒を冷却させる。なお、冷媒の圧力を低下させ得る程度は、熱交換器の構造、冷媒の種類（ヘリウム、窒素、ネオン、アルゴン、二酸化炭素、メタン、エタン、プロパン、ブタン、各種フルオロカーボン、水素、酸素等、及びこれらの混合物）、要請される極低温の温度等によっても相違する。

【0013】

この場合、圧損促進型の熱交換器は、上記 100 % のうちの 10 % 以上の比率、または 20 % 以上の比率、30 % 以上の比率、または 40 % 以上の比率、または 50 % 以上の比率で冷媒の圧力を低下させることができる。更に、圧損促進型の熱交換器は、上記 100 % のうちの 60 % 以上の比率、または 70 % 以上の比率、80 % 以上の比率、または 90 % 以上の比率で冷媒の圧力を低下させることができる。あるいは、圧損促進型の熱交換器は、100 % のうちの 93 % 以上または 95 % 以上の比率、更には 100 % の比率で冷媒の圧力を低下させることにしても良い。なお、100 % の比率で冷媒の圧力を低下させるとときには、一般的には、圧損促進型の熱交換器の出口で冷媒の液化が生じる。

【0014】

また本発明に係る極低温発生装置によれば、高圧通路において圧損促進型の熱交換器に流入する前の冷媒の温度を T_h とし、冷却手段に流入する前の冷媒の温度を T_c とし、 T_h と T_c との温度の差を 100 % としたとき、圧損促進型の熱交換器は、冷媒の圧力を低下させつつ、上記 100 % のうちの 5 % 以上の比率で冷媒の温度を低下させる形態を例示できる。冷媒の温度を低下させ得る程度は、熱交換器の構造、冷媒の種類（ヘリウム、窒素、ネオン、アルゴン、二酸化炭素、メタン、エタン、プロパン、ブタン、各種フルオロカーボン、水素、酸素等、及びこれらの混合物）、要請される極低温の温度等によっても相違する。

【0015】

上記したように圧損促進型の熱交換器において、冷媒の圧力を低下させつつその冷媒を冷却させることにすれば、極低温を得るのに有利となり、ヘリウム等の冷媒の液化率を高めることができる。この場合、圧損促進型の熱交換器は、 T_h と T_c との温度の差を100%としたとき、100%のうちの10%以上の比率、または20%以上の比率、30%以上の比率、または40%以上の比率、または50%以上の比率で冷媒の温度を低下させることができる。更に、圧損促進型の熱交換器は、100%のうちの60%以上の比率、または70%以上の比率、80%以上の比率、または90%以上の比率で冷媒の温度を低下させることができる。あるいは、圧損促進型の熱交換器は、100%のうちの95%以上の比率、100%の比率で冷媒の温度を低下させることにしても良い。

【0016】

本発明に係る極低温発生装置によれば、熱交換器は複数具備されており、圧損促進型の熱交換器は、複数個の熱交換器のうち、冷媒の流れにおいて冷却手段に最も近い側の熱交換器である形態を例示できる。この場合、極低温を得るのに有利となり、ヘリウム等の冷媒の液化率を高めることができる。しかも冷媒を高圧の状態で冷却手段に近い側まで供給できるため、冷媒の流量の確保に有利であり、冷凍能力の発揮に有利となる。

【0017】

また、圧損促進型の熱交換器は、低圧通路の冷媒により熱交換で高圧通路の冷媒を冷却する形態を例示できる。この場合には、冷凍効率の向上に有利である。

【0018】

本発明に係る極低温発生装置によれば、予冷冷凍機が設けられており、高圧通路は、高圧通路の冷媒を予冷冷凍機で予冷する予冷部を有する形態を例示できる。これにより冷媒の冷却に有利である。予冷冷凍機としては、パルス管冷凍機、ギフォード・マクマホン冷凍機、ソルベイ冷凍機、ヴィルミエ冷凍機、スターリング冷凍機等を例示できる。

【0019】

本発明に係る極低温発生装置によれば、圧送手段は、高圧通路に冷媒を送給す

ると共に予冷冷凍機に冷媒を送給する形態を例示できる。この場合、圧送手段が予冷冷凍機にも共用化されている。

【0020】

本発明に係る極低温発生装置によれば、圧損促進型の熱交換器は、高圧通路に連通すると共に熱交換媒体と熱交換可能な圧損通路を有しており、圧損通路の平均流路径は冷凍機の種類によっても相違するが、一般的には0.1～15ミリメートルに設定されている形態を例示できる。この場合、冷媒を冷却しつつ冷媒の圧力を低下させるのに有利である。ここで圧損通路の平均流路径としては0.5～10ミリメートル、1～5ミリメートルを例示できる。一般的には圧損通路の流路径が小さいと、圧損促進型の熱交換器における冷媒の圧損を大きくできるため、圧損通路の長さを短縮できる。圧損通路の流路径の上限としては0.5ミリメートル、0.7ミリメートル、1ミリメートル、2ミリメートル、3ミリメートル、5ミリメートル等を例示できる。

【0021】

本発明に係る極低温発生装置によれば、圧損促進型の熱交換器は、高圧通路に連通すると共に熱交換媒体と熱交換可能な圧損通路を有しており、圧損通路の流路径によっても異なるが、一般的には、圧損通路の長さは0.1～200メートルに設定されている形態を例示できる。この場合、冷媒を冷却しつつ冷媒の圧力を低下させるのに有利である。一般的には圧損通路の流路径が小さいと、圧損を大きくできるため、圧損通路の長さを短縮できる。圧損通路の長さの上限としては10メートル、20メートル、50メートル、70メートル、100メートル、150メートルを例示できる。

【0022】

本発明に係る極低温発生装置によれば、圧損促進型の熱交換器は、高圧通路に連通すると共にスパイラル状に形成され且つ熱交換媒体と熱交換可能な圧損通路を有する形態を例示できる。この場合、冷媒を冷却しつつ冷媒の圧力を低下させるのに有利である。圧損通路がスパイラル状に形成されているため、圧損促進型の熱交換器の長さの短縮化に有利である。

【0023】

本発明に係る極低温発生装置によれば、圧損促進型の熱交換器は、高圧通路に連通すると共に熱交換媒体と熱交換可能な圧損通路を有しており、圧損通路は、冷媒の流れに対して抵抗となる抵抗体を通路内に配置することにより形成されている形態を例示できる。この場合、冷媒を冷却しつつ冷媒の圧力を低下させるのに有利である。

【0024】

本発明に係る極低温発生装置によれば、圧損促進型の熱交換器は、高圧通路に連通すると共に熱交換媒体と熱交換可能な圧損通路を形成する通路形成部材を有しており、通路形成部材間にはスペーサ部材が設けられている形態を例示できる。この場合、スペーサ部材により熱交換媒体が流れる流路を通路形成部材間に形成しているスペーサ部材により熱交換媒体が流れる流路が形成されるため、圧損促進型の熱交換器は冷媒を熱交換により冷却させるのに有利となる。

【0025】

本発明に係る極低温発生装置によれば、圧損促進型の熱交換器は、高圧通路に連通すると共に熱交換媒体と熱交換可能な圧損通路を細孔で形成する多孔質体を有している形態を例示できる。多孔質体の細孔は、細孔径が小さく、圧損通路を形成するのに有利である。この場合、冷媒を冷却しつつ冷媒の圧力を低下させるのに有利である。

【0026】

本発明に係る極低温発生装置によれば、圧損促進型の熱交換器は、高圧通路に連通すると共に熱交換媒体と熱交換可能な圧損通路を有しており、圧損通路は、貫通孔を有する複数個の板状部材を並設することにより形成されている形態を例示できる。貫通孔の径は、圧損通路における冷媒のガスの圧力低下に影響を与える。この場合、冷媒を冷却しつつ冷媒の圧力を低下させるのに有利である。上記した熱交換媒体としては、低圧通路を流れる冷媒を例示できるが、他の媒体でも良い。

【0027】

本発明に係る極低温発生装置によれば、冷媒としてはヘリウム、窒素、ネオン、アルゴン、二酸化炭素、メタン、エタン、プロパン、ブタン、各種フルオロカ

一ボン、水素、酸素等、及びこれらの混合物を例示することができる。冷媒がヘリウムの場合には、圧損促進型の熱交換器に流入する前の冷媒の圧力を P_h とし、圧損促進型の熱交換器に流入する前の冷媒の温度を T_h としたときには、圧力 P_h は 0.1 ~ 10 MPa にすることができ、殊に 0.4 ~ 5 MPa、1 ~ 3 MPa にすることができる。また温度 T_h は 2 ~ 30 K にすることができ、殊に 4 ~ 20 K、8 ~ 15 K にすることができる。本発明に係る極低温発生装置によれば、冷媒がヘリウムである場合には、圧送手段の吐出ポートから吐出されるガス状の冷媒の圧力としては、1.8 MPa 以上、2.0 MPa 以上、または 2.2 MPa 以上とすることができます、上限としては 10 MPa 以下とすることができます。

【0028】

上記したように予冷冷凍機を用いると共に、圧送手段を本発明に係る極低温冷凍機と予冷冷凍機とで共用し、圧送手段の吐出ポートから吐出された冷媒を、本発明に係る極低温冷凍機の高圧通路及び予冷冷凍機の高圧通路の双方に送給する方式を採用することができる。即ち、圧送手段を本発明に係る極低温発生冷凍機と予冷冷凍機とで共用することができる。このような方式が採用されている場合には、圧送手段の吐出ポートから吐出される冷媒の圧力を、予冷冷凍機における高圧通路の適切な冷媒圧に適合させることができが好ましい。従って冷媒がヘリウムであるときには、圧送手段の吐出ポートから吐出される冷媒の高圧ガスの圧力としては 1.0 ~ 5.0 MPa、殊に 1.5 ~ 3.0 MPa とすることができます。なお、圧送手段の吐出ポートから吐出される冷媒の圧力を P_h とみなすことができる。

【0029】

予冷冷凍機がパルス管冷凍機である場合には、圧送手段の吐出ポートから吐出された冷媒を、本発明に係る極低温冷凍機の高圧通路及びパルス管冷凍機の高圧通路の双方に送給する方式を採用することができる。即ち、本発明に係る極低温発生冷凍機の高圧通路とパルス管冷凍機の高圧通路とで圧送手段を共用することができる。このような共用方式が採用されている場合には、圧送手段の吐出ポートから吐出される冷媒の圧力を、パルス管冷凍機における高圧通路の適切な冷媒

圧に適合させることができが好ましい。従って圧送手段の吐出ポートから吐出されるガス状の冷媒の圧力としては、1.0～6.0 MPa、殊に1.5～3.5 MPaとすることができます。また、冷媒によっては、P_hは0.1 MPa～1000 MPaの範囲の値を取り得る場合もある。

【0030】

【実施例】

図1は、極低温発生冷凍機の概念図を示す。本実施例に係る極低温発生冷凍機は、ジュールトムソン回路で形成され冷却対象物である被冷却体29を冷却する主冷凍回路1と、主冷凍回路1に対して予冷機能を有する予冷冷凍機として機能するパルス管冷凍機3とを組み合わせたものである。

【0031】

図1に示すように、主冷凍回路1は、冷媒を圧送する圧送手段として機能するコンプレッサー部11と、被冷却体29を冷却させる冷却手段25と、コンプレッサー部11の高圧側の吐出ポートとして機能する高圧ガスポート13と冷却手段25とを連通すると共に相対的に高圧の冷媒のガスが流れる高圧通路1aと、コンプレッサー部11の低圧側の吸込ポートとして機能する低圧ガスポート12と冷却手段25とを連通すると共に相対的に低圧の冷媒のガスが流れる低圧通路1bと、高圧通路1aに直列に並設され高圧通路1aを流れる冷媒のガスを熱交換で冷却する複数個の熱交換器21、22、23とを有する。

【0032】

冷却手段25は、被冷却体29を熱交換により冷却させるものである。冷媒はヘリウムとされている。なお本実施例によれば、冷媒の自然対流による冷凍能力の低下を防止するため、主冷凍回路1において冷却手段25はコンプレッサー部11に対して鉛直下方になるように配置されている。

【0033】

図1に示すように、熱交換器21は、高圧通路1aに連通する高圧ガス通路211と、低圧通路1bに連通するリターン側の低圧ガス通路212とを有する。この熱交換器21は、高圧ガスと低圧ガスとが逆方向に流れる向流型の熱交換器であり、高圧ガス通路211を流れる冷媒と低圧ガス通路212を流れる冷媒と

は互いに熱交換される。この熱交換器 21 によれば、高压ガス通路 211 を流れる冷媒のガス、低压ガス通路 212 を流れる冷媒のガスの圧力を積極的に低下させるものではない。

【0034】

また熱交換器 22 は、高压通路 1a に連通する高压ガス通路 221 と、低压通路 1b に連通するリターン側の低压ガス通路 222 とを有する。この熱交換器 22 は、高压ガスと低压ガスとが逆方向に流れる向流型の熱交換器であり、高压ガス通路 221 を流れる冷媒と低压ガス通路 222 を流れる冷媒とは互いに熱交換される。この熱交換器 22 によれば、高压ガス通路 221 を流れる冷媒のガス、低压ガス通路 222 を流れる冷媒のガスの圧力を積極的に低下させるものではない。

【0035】

本実施例を特徴づける熱交換器 23 は、高压通路 1a に連通する高压ガス通路 231 と、低压通路 1b に連通するリターン側の低压ガス通路 232 とを有する。この熱交換器 23 は、高压ガス通路 231 を流れる冷媒のガスの圧力を積極的に低下させる圧損促進型である。この熱交換器 23 は、高压ガスと低压ガスとが逆方向に流れる向流型の熱交換器であり、高压ガス通路 231 を流れる冷媒と低压ガス通路 232 を流れる冷媒とは互いに熱交換される。この熱交換器 23 によれば、高压ガス通路 231 を流れる冷媒のガスの圧力を積極的に低下させるものの、低压ガス通路 232 を流れる冷媒のガスの圧力を積極的に低下させるものではない。

【0036】

図 1 に示すように、高压通路 1a において、熱交換器 21～23 のうち最も上流側の熱交換器 21 の上流には、冷媒抵抗器として機能できるニードル弁構造の弁 15 が設けられている。また、高压通路 1a において、熱交換器 21～23 のうち最も下流側の熱交換器 23 の下流と冷却手段 25 の間には、冷媒抵抗器として機能できるジュールトムソン弁 24 が設けられている。

【0037】

このように圧損促進型の熱交換器 23 は、高压通路 1a 側の最後の熱交換器で

あり、冷却体冷却手段 25 及びジュールトムソン弁 24 に最も近いものである。なお、弁 15、ジュールトムソン弁 24 は、流路径を小さくした絞り孔を有するものの、流路長は短いものである。

【0038】

図 1 に示すように、コンプレッサー部 11 は冷媒のガスを圧縮する機能をもつものであり、2.4 MPa の冷媒の高圧ガスを吐出する高圧ガスポート 13 と、1 MPa の冷媒の中圧ガスを吸い込む吸込ポートとしての中圧ガスポート 14 と、0.1 MPa の冷媒の低圧ガスを吸い込む低圧ガスポート 12 とを有する。

【0039】

冷媒のガスは、コンプレッサー部 11 の駆動により、高圧ガスポート 13 から主冷凍回路 1 に向けて流出し、分岐点 1s を経て、弁 15、高圧通路 1a の熱交換器 21 の高圧ガス通路 211、熱交換器 22 の高圧ガス通路 221、熱交換器 23 の高圧ガス通路 231 を順に流れ、更に、ジュールトムソン弁 24 を経て、冷却手段 25 に至り、被冷却体 29 を冷却させる。なお、冷却手段 25 では 4.2 K 程度の冷却能力を実現できる。冷却手段 25 は長い配管をもち、被冷却体 29 を冷却する。被冷却体 29 を冷却した冷媒は、リターンし、低圧通路 1b の熱交換器 23 の低圧ガス通路 232、熱交換器 22 の低圧ガス通路 222、熱交換器 21 の低圧ガス通路 212 を順に流れ、コンプレッサー部 11 の低圧ガスポート 12 に帰還する。

【0040】

パルス管冷凍機 3 は主冷凍回路 1 に対して予冷冷凍機として機能するものであり、温度が 80 K となる相対的に高温側の第 1 コールドヘッド 31 と、温度が 12 K となる相対的に低温側の第 2 コールドヘッド 32 とを有する。パルス管冷凍機 3 は、吐出通路である高圧通路 3a 及び分岐点 1s を経てコンプレッサー部 11 の高圧ガスポート 13 に接続されていると共に、吸込通路である中圧通路 3e を経て中圧ガスポート 4 に接続されている。

【0041】

図 1 に示すように、パルス管冷凍機 3 は、第 1 蓄冷器 33、第 1 パルス管 34、第 2 蓄冷器 35、第 2 パルス管 36、弁やバッファやその他を含む室温領域の

ユニット37とをもつ。コンプレッサー部11の駆動により、ガス状の冷媒は、コンプレッサー部11の高圧ガスポート13から分岐点1sを経てパルス管冷凍機3に向けて送給され、中圧ガスポート14に帰還する。この結果、パルス管冷凍機3は、第1コールドヘッド31および第2コールドヘッド32において冷却能力を生じる。第1ステージである第1コールドヘッド31は、ジュールトムソン回路である主冷凍回路1の第1予冷部1eを予冷するためのものである。第2ステージである第2コールドヘッド32の冷却能力は、ジュールトムソン回路である主冷凍回路1の第2予冷部1fを予冷する。なお、冷媒の自然対流による冷凍能力の低下を防止するために、パルス管冷凍機3において第2コールドヘッド32及び第1コールドヘッド31はユニット37に対して鉛直下方になるように配置されている。

【0042】

更に説明を加えると、図1において、コンプレッサー部11の高圧ガスポート13から吐出された高圧通路1aを流れる冷媒の高圧ガスは、熱交換器21の高圧ガス通路211を通過し、第1コールドヘッド部31で予冷されている第1予冷部1eを通過し、80K程度の温度まで冷却される。更に、高圧通路1aを流れる高圧ガスは、熱交換器22の高圧ガス通路221を通過し、第2コールドヘッド32で予冷されている第2予冷部1fを通過し、12K以上の温度まで冷却される。このようにして高圧通路1aを流れる冷媒のガスは、第2予冷部1fにより12Kの温度近くまで冷却された状態で、冷却手段25に最も近い側の最後の熱交換器23の高圧ガス通路231に流入し、更に、熱交換器23のリターン側である低圧ガス通路232を流れる冷媒のガスにより5K付近に冷却される。

【0043】

更に、熱交換器23の高圧ガス通路231を吐出した冷媒のガスは、ジュールトムソン弁24を通過し、ジュールトムソン弁24により、ヘリウムを液化する圧力(0.1MPa)まで減圧される。この結果、冷媒の液化が進行し、液体ヘリウムが生成される。

【0044】

本実施例によれば、複数個の熱交換器21、22、23のうち、冷却手段であ

る冷却手段25に最も近い側の熱交換器23を、圧損促進型の熱交換器としている。以下に、圧損促進型の熱交換器23の代表的な作動形態を示す。熱交換器23は冷媒の流量が1 g/sの条件付近において良好に機能するように設定されている。前記したように最後の熱交換器23は、高圧ガス通路231とリターン側の低圧ガス通路232をもつ。熱交換器23の高圧ガス通路231に流入する前の冷媒のガスの圧力は約2.4 MPaである。冷媒のガスが熱交換器23の高圧ガス通路231に流入する前に、パルス管冷凍機3の第2コールドヘッド32、第2予冷部1fによって約12Kまで冷却される。本実施例によれば、冷媒の液化は約0.1 MPa（ゲージ圧で0気圧）で行われる。なお、0.1 MPaとした理由は、配管における外気進入の防止を考慮して、大気圧と相応させるためである。このため本実施例によれば、低圧ガス通路232に流入する前の冷媒の圧力は約0.1 MPaである。0.1 MPaにおけるヘリウムの沸点は、4.21Kである。

【0045】

熱交換器23のうち低温端側をコールドエンドという。熱交換器23のうち高温端側をホットエンドという。本実施例によれば、熱交換器23において低圧ガスの寒冷が高圧ガスの冷却に有効に利用されるため、熱交換器23のうちホットエンドにおける高圧ガス通路231と低圧ガス通路232との温度差を、約0.2 Kにでき、大変優れた熱交換器23を使用することができる。

【0046】

ジュールトムソン弁24は流路径は非常に小さく、冷凍物等の固体不純物によって塞がれ易い性質をもつ。本実施例によれば、ジュールトムソン弁24は単なる最後の調整のために用いられている。すなわち、ジュールトムソン弁24は冷媒のガスの圧力降下の最後の調整のために有用である。もし、圧損促進型の熱交換器23によって冷媒のガスの圧力の大きな低下が得られる場合には、後述する他の実施例のように、ジュールトムソン弁24を廃止することもできる。故に、圧損促進型の熱交換器23の高圧ガス通路231における圧力降下をできるだけ大きくすることがより望ましい。熱交換器23の高圧ガス通路231が冷媒の圧力を充分に低下させることができるとときには、ジュールトムソン弁24の流路径

を増加させることにより、ジュールトムソン弁24における圧力降下の役割を大幅に減少させることができ、ジュールトムソン弁24の流路が固体不純物によって塞がれる不具合を抑制できる。

【0047】

前記したようにジュールトムソン弁24の流路は、固体不純物によって流路が塞がれるように、非常に小さいものである。本実施例に係る熱交換器23は圧損促進型であるといえども、高圧ガス通路231の流路は、ジュールトムソン弁24の流路よりもかなり大きい。このため熱交換器23の高圧ガス通路231の流路が固体不純物により塞がれる可能性は、大幅に減少する。

【0048】

本実施例によれば、熱交換器23においては、高圧ガス通路231のうちジュールトムソン弁24に近い下流部分（圧損通路）は、高い圧力降下を発生できるように小さい流路をもつ長細い管で形成することができる。従って、熱交換器23の高圧ガス通路231のうち下流部分は、非常に小さい圧力降下を実現できるように、小さい流路を有する。なお本実施例によれば、高圧ガス通路231のうち上流部分の内径は3ミリメートルであり、高圧ガス通路231のうち下流部分の内径は上流部分の内径よりも小さく設定されており、1ミリメートルである。

【0049】

流量が1g/sの条件で作動する熱交換器23の例について説明を更に加える。本実施例によれば、熱交換器23の高圧ガス通路231に流入する前の冷媒のガスの圧力は、約2.4MPaである。熱交換器23の高圧ガス通路231に流入する前に、冷媒は、パルス管冷凍機3の第2コールドヘッド32によって約12Kに冷却されている。熱交換器23の低圧ガス通路232の冷媒は低圧であり、約0.1MPaである。0.1MPaにおけるヘリウムガスの沸点（液化温度）は4.21Kである。

【0050】

図2は代表例を示す。図2の特性線Wは、本実施例に係る圧損促進型の熱交換器23の高圧ガス通路231における冷媒のガスの圧力変化を示す。図2の横軸

は、熱交換器 23 の高圧ガス通路 231 における相対位置を示す。図 2 の縦軸は、熱交換器 23 の高圧ガス通路 231 における冷媒の圧力を示す。

【0051】

また図 3 の特性線 X1 は、圧損促進型の熱交換器 23 の高圧ガス通路 231 における冷媒の高圧ガスの温度変化を示す。図 3 の特性線 X2 は、圧損促進型の熱交換器 23 の低圧ガス通路 232 における冷媒の低圧ガスの温度変化を示す。図 3 の横軸は、圧損促進型の熱交換器 23 の高圧ガス通路 231、低圧ガス通路 232 における相対位置を示す。図 3 の縦軸は、圧損促進型の熱交換器 23 の高圧ガス通路 231 及び低圧ガス通路 232 における冷媒の温度を示す。

【0052】

本実施例によれば、図 2 の矢印 W1 に示すように、熱交換器 23 の高圧ガス通路 231 のうちの相対的に高温側の上流部分では、冷媒のガスの圧力はほとんど低下しない。しかし図 2 の途中部位 W3 以降の領域 W2 に示すように、熱交換器 23 の高圧ガス通路 231 の領域 W2 において、熱交換器 23 の高圧ガス通路 231 のうちの下流に進行するにつれて、冷媒の圧力を連続的に次第に低下させていく。この結果、熱交換器 23 の高圧ガス通路 231 を吐出した冷媒の圧力は、図 2 の特性線 W の右端 W4 に示すように、約 0.27 MPa となる。

【0053】

すなわち、熱交換器 23 の高圧ガス通路 231 において冷媒のガスの圧力は、約 2.4 MPa から約 0.27 MPa に低下しており、熱交換器 23 の高圧ガス通路 231 において冷媒のガスの圧力は、約 2.4 MPa から約 0.27 MPa に低下している。つまり圧損促進型の熱交換器 23 における圧力低下は 2.13 MPa である ($2.13 \text{ MPa} = 2.4 \text{ MPa} - 0.27 \text{ MPa}$)。

【0054】

ここで、圧損促進型の熱交換器 24 に流入する前の冷媒の圧力を P_h ($P_h =$ 約 2.4 MPa) とし、冷却手段 25 に流入する前の冷媒の圧力を P_c ($P_c =$ 約 0.1 MPa) とすると、 P_h と P_c との圧力の差 ΔP は 2.3 MPa ($2.3 \text{ MPa} = 2.4 \text{ MPa} - 0.1 \text{ MPa}$) である。そして ΔP を 100% としたときには、圧損促進型の熱交換器 23 は、100% のうちの約 93% の比率で冷

媒の圧力を低下させている（ $2.13 \text{ MPa} / 2.3 \text{ MPa} \times 100\% = 93\%$ ）。

【0055】

更に説明を加える。図2は、上記したように熱交換器23の高圧ガス通路231においては、冷媒のガスの圧力は2MPa～2.3MPa程度低下することを示している。図2に示すように、途中部位W3からの圧力降下はほとんど線形とすることができる。

【0056】

図3は、前述したように、熱交換器23の高圧ガス通路231を流れる高圧ガスと、熱交換器23の低圧ガス通路232を流れる低圧ガスとの温度分布を示す。図3に示すように、高圧ガス通路231を流れる高圧ガスについては、圧力が減少するために、温度7Kあたりにおいて、冷媒の温度が増加していることがわかる。これは熱移動のためには非常によいと考えられる。

【0057】

図3の特性線X1、X2に示すように、熱交換器23の高圧ガス通路231において冷媒のガスの温度は、約12Kから5Kに低下している。つまり熱交換器23における温度低下は約7Kである。

【0058】

ここで、圧損促進型の熱交換器24に流入する前の冷媒の温度をTh（Th=約12K）とし、冷却手段に流入する前の冷媒の温度をTc（Tc=4.2K）とすると、ThとTcとの温度の差ΔTは7.8K（ $7.8 \text{ K} = 12 \text{ K} - 4.2 \text{ K}$ ）である。そしてΔTを100%としたときには、圧損促進型の熱交換器23は、100%のうちの90%の比率で冷媒の温度を低下させている（ $7 \text{ K} / 7.8 \text{ K} \times 100\% = 90\%$ ）。

【0059】

更に図4を参照して説明を加える。図4は、冷媒（ヘリウム）に関する温度-エントロピー相図を示す。図4に示す山形形状をなす特性線a10-c.p.-a11は、冷媒（ヘリウム）の液相及び気相が共存する共存領域の相境界線を示す。図4に示す特性線a9-a8-a5は、0.1MPaの圧力における2相線を示す

。2相線においては、Lは冷媒の液相の割合を示し、Gは冷媒の気相の割合を示す。特性線a1-a2-a7は等圧線を意味する。特性線a5-a5'-a6は等圧線を意味する。

【0060】

本実施例によれば、冷媒の高圧ガスは、熱交換器23の高圧ガス通路231において、ほとんど一定の圧力2.4 MPaのまま、a1点からa2点まで等圧状態で冷却される。従って、a2点は、熱交換器23の高圧ガス通路231における圧力低下開始点を意味する。a2点以降においては、熱交換器23の高圧ガス通路231の冷媒の圧力は連続的に0.27 MPaまで低下する（図2参照）。このためa2点（冷媒の圧力：2.4 MPa）からa3点（冷媒の圧力：0.27 MPa）に至る。a3点は、熱交換器23の高圧ガス通路231の出口に相当する。

【0061】

更に図4において、冷媒のガスは、a3点からa4点に至る。a4点における圧力が0.1 MPaとなるように、冷媒のガスは圧力を減少させながらジュールトムソン弁24を通過する。a4点では、冷媒は液化され、冷媒は液体ヘリウムとヘリウムガスとの共存領域となる。この場合、a4点～a9点が冷媒の気相の割合に相当し、a4点～a5点が冷媒の液相の割合に相当するため、重量比でヘリウムガスの割合は約20%、液体ヘリウムの割合は約80%と考えられる。このように本実施例によれば、冷媒である液体ヘリウムの割合が多くなるため、冷却手段25の冷却能力を向上させることができる。本実施例の場合の冷凍能力は17.6Wである。

【0062】

そして、冷却手段25における液体ヘリウムは、被冷却体の熱を吸収しつつ、a4点からa5点に至る。a5点では、冷媒であるヘリウムはすべてガスとなる。最終的に0.1 MPaのまま、a5-a6線を通り、12K近くまで温度が上昇する。

【0063】

比較例として、熱交換器23の高圧ガス通路231においては圧力降下がない

場合（図2において特性線WA相当）を示す。この比較例では、図4において冷媒の高圧ガスはほとんど圧力降下のないまま、a1点からa2点を経て、温度約4.4Kのa7点まで冷却される。ジュールトムソン弁24によりa7-a8線に沿って圧力が減少される。a8点において、冷媒は、0.1MPaのヘリウムガスと液体ヘリウムとの共存領域となる。この場合、a8点～a9点が冷媒の気相の割合に相当し、a8点～a5点が冷媒の液相の割合に相当するため、重量比で、ヘリウムガスの割合は60%、液体ヘリウムの割合は40%と考えられる。このように比較例では液体ヘリウムの割合は少ない。比較例においても実施例と同様に、被冷却体29から液体ヘリウムは熱を吸収し、冷却手段25において、a5-a6線に沿って、10K以上まで冷媒の温度が上昇する。

【0064】

上記した記載は、本実施例の作動メカニズムの説明の一例である。

【0065】

また上記した実施例によれば、熱交換器23の高圧ガス通路231に流入する前のヘリウムガスの圧力（熱交換器23の高圧ガス通路231のホットエンドの冷媒の圧力）は2.4MPaとされているが、これに限定されるものではなく、例えば、1.6MPa、3.0MPaとすることができます。また、熱交換器23の高圧ガス通路231から吐出した冷媒の圧力（熱交換器23の高圧ガス通路231のコールドエンドの冷媒の圧力）は0.27MPaにされているが、これに限定されるものではなく、例えば、0.1MPa、0.8MPaとすることができます。なお本実施例によれば、熱交換器23の高圧ガス通路231のコールドエンド（図2の矢印W4で示す部位）において、冷媒の高圧ガスの圧力は0.85MPa以下とするのがよい。熱交換器23において、低圧ガスの寒冷を高圧ガスの冷却に有效地に利用するためである。

【0066】

熱交換器23の高圧ガス通路231における圧力降下は、2MPa以上に限定されるものではない。もし、熱交換器23の高圧ガス通路231における圧力降下が小さければ、ジュールトムソン弁25での圧力降下を大きくする必要があり、ジュールトムソン弁25の流路径を小さくする必要がある。

【0067】

また上記した実施例によれば、熱交換器23の高圧ガス通路231に流入する前のヘリウムガスの温度（熱交換器23の高圧ガス通路231のホットエンドの冷媒の温度）は12Kとされているが、これに限定されるものではなく、例えば、8K、16Kとすることができます。熱交換器23の高圧ガス通路231から吐出した冷媒の温度（熱交換器23の高圧ガス通路231のコールドエンドの圧力）は4.21Kとされているが、これに限定されるものではなく、例えば、2.5K、4.5Kとすることができます。なお熱交換器23のホットエンドにおいて、高圧ガス通路231と低圧ガス通路232と温度差が0.2Kよりも高くなると、冷却能力は減少してしまうおそれがある。

【0068】

なお本実施例によれば、 P_h と P_c との圧力の差 ΔP は2.3MPaであり、そして ΔP を100%としたときには、圧損促進型の熱交換器23は、100%のうちの約93%の比率で冷媒の圧力を低下させているが、これに限らず、80%以上の比率、60%以上の比率、40%以上の比率で冷媒の圧力を低下させることにしても良い。

【0069】

本実施例に係る圧損促進型の熱交換器23の高圧ガス通路231における冷媒のガスの圧力変化は、前述したように、図2の特性線Wに示す形態であるが、これに限らず、図2の特性線W6に示す形態のように、熱交換器23の高圧ガス通路231のホットエンドからコールドエンドにかけて冷媒の圧力を連続的に低下させることにして良い。

【0070】

ところで、ジュールトムソン弁24を有するジュールトムソン回路で形成された主冷凍回路1では、冷媒の高圧側のガスの圧力は1.2～1.7MPa程度が好ましい。これに対してパルス管冷凍機3における冷媒の高圧側のガスの圧力は、主冷凍回路1における冷媒の高圧側のガスの圧力よりも高く、2.0～3.0MPa程度が好ましい。更に本実施例によれば、図1に示すように、コンプレッサー部11を主冷凍回路1及び予冷冷凍機であるパルス管冷凍機3とで共用し、

コンプレッサー部11の高圧ガスポート13から吐出された冷媒を、主冷凍回路1機の高圧通路1a及びパルス管冷凍機3の高圧通路3aの双方に送給する方式を採用している。

【0071】

このような共用方式が採用されている場合には、コンプレッサー部11の高圧ガスポート13から吐出される冷媒の圧力を、パルス管冷凍機3における高圧通路3aの適切な冷媒圧に適合させることが好ましい。このため、コンプレッサー部11の高圧ガスポート13から吐出されるガス状の冷媒の圧力を2MPa以上(2.4MPa)に設定している。しかしパルス管冷凍機3に適合する冷媒のガスの高圧側の圧力は、ジュールトムソン回路で形成された主冷凍回路1としては高過ぎる。このようにコンプレッサー部11の高圧ガスポート13から吐出されるガス状の冷媒の圧力を2MPa以上と高めに設定しているため、圧損促進型の熱交換器23で冷媒のガスの圧力を大きく低下させるのに都合が良い。

【0072】

(圧損促進型の熱交換器23の形態例)

以下、上記した圧損促進型の熱交換器23の形態例について、図5～図15を参照して説明を加える。図5～図15に示す熱交換器は、図2において冷媒のガスの圧力を低下させる領域W2の熱交換器部分を示すものである。

【0073】

(形態例1)

図5に示す圧損促進型の熱交換器23Cは、高圧通路1aに連通する圧損通路100Cを有する相対的に小径の金属製の第1パイプ201を、相対的に大径の金属製の第2パイプ202に内挿し、そして、第2パイプ202を第1パイプ201と共にスパイラル状に巻回することにより形成されている。圧損通路100Cは、前記した高圧ガス通路231に相当する。

【0074】

第1パイプ201の内径である圧損通路100Cの流路径は、例えば0.1～1.5ミリメートルにでき、殊に0.1～5ミリメートル、0.2～2ミリメートルに設定することができる。第1パイプ201の内径にもよるが、圧損通路100

0の長さは0.1～200メートル、殊に0.2～20メートル、0.2～2メートルに設定することができる。

【0075】

第1パイプ201と第2パイプ202との隙間は、低圧通路1bに連通する低圧ガス通路232とされている。圧損通路100Cは高圧ガス入口103及び高圧ガス出口104をもつ。低圧ガス通路232は低圧ガス入口233及び低圧ガス出口234をもつ。圧損通路100を流れる高圧ガスは、冷却手段25から帰還すると共に低温の低圧ガス通路232を流れる冷媒の低圧ガス（熱交換媒体）と熱交換して冷却される。この熱交換器23Cによれば、圧損通路100Cを流れる冷媒の圧力をかなり低下させつつ、圧損通路100Cを流れる冷媒を冷却することができ、本発明で使用できる圧損促進型の熱交換器を提供することができる。しかも熱交換器23Cはスパイラル構造であるため、熱交換器23Cの軸長の短縮化に貢献できる。

【0076】

（形態例2）

図6、図7に示す圧損促進型の熱交換器23Dは、高圧通路1aに連通する圧損通路100Dを有するパイプをスパイラル状に多重に巻回して形成されたスパイラル管204Dと、スパイラル管204Dを収容する低圧ガス通路232Dをもつ基体236Dとで形成されている。圧損通路100Dは高圧ガス入口103及び高圧ガス出口104をもつ。基体236Dは、冷却手段25から帰還した低温の低圧ガスが流入する低圧ガス入口233及び低圧ガス出口234をもつ。

【0077】

図7（A）に示すように、スパイラル管204Dの内側の高圧ガス入口103から圧損通路100Dに流入したガスは、スパイラル管204Dの中心側から外周側に向けて矢印R1方向に流れる。

【0078】

更に、図7（B）に示すように、冷媒は、スパイラル管204Dの外側の高圧ガス入口103から圧損通路100Dに流入し、スパイラル管204Dの外周側から中心側に向けて矢印R2方向に流れる。更に図7（C）に示すように、冷媒

は、スパイラル管204Dの内側の高圧ガス入口103から圧損通路100Dに流入し、スパイラル管204Dの中心側から外周側に向けて矢印R3方向に流れれる。

【0079】

このように各スパイラル管204Dを中心から外周側に流れるスパイラル流路と、各スパイラル管204Dを外周側から中心側に流れるスパイラル流路とを交互に繰り返すことにより、基体236Dの長さLを抑制しつつ圧損通路100Dの流路長さを増加させることができる。圧損通路100Dの流路径は0.1～5ミリメートル、長さは1～200メートルに設定することができる。

【0080】

圧損通路100Dを流れる高圧ガスは、冷却手段25から帰還した低温の低圧ガス通路232Dを流れる低圧ガス（熱交換媒体）と熱交換して冷却される。

【0081】

図6に示すように、積層方向に隣設するスパイラル管204D間には、低圧ガスが流れる流路205が形成されており、熱交換性を高めている。

【0082】

この熱交換器23Dによれば、圧損通路100Dを流れる冷媒の圧力をかなり低下させつつ、圧損通路100Dを流れる冷媒を冷却することができ、本発明で使用できる圧損促進型の熱交換器を提供することができる。

【0083】

更に図8に示すように、スパイラル管204Dを形成するパイプの外周面に、細径のワイヤー状のスペーサ部材206を巻回しておくこともできる。この場合、スペーサ部材206が設けられているため、積層方向に隣設するスパイラル管204間には、低圧ガスが流れる流路205が形成され易くなり、熱交換性を更に高めることができる。スペーサ部材206としては熱伝導性が良好な銅等の金属で形成することができる。なお、スペーサ部材206として、スパイラル管204の外周面に突起を形成しても良い。

【0084】

（形態例3）

図9に示す熱交換器23Eは、高圧通路1aに連通する圧損通路100Eを有するパイプをスパイラル状に多重に連続的に巻回して形成されたスパイラル管204Eと、スパイラル管204E間に介在する熱伝導性が良好な銅等の金属で形成された網状部材211と、スパイラル管204E及び網状部材211Eとを収容する低圧ガス通路232Eをもつ基体236Eとで形成されている。低圧ガス通路232Eは、冷却手段25から帰還した低温の低圧ガスが流れる。圧損通路100Eの流路径は例えば0.1～5ミリメートル、長さは1～200メートル、殊に5～100メートル、5～50メートルに設定することができる。

【0085】

圧損通路100Eは高圧ガス入口103及び高圧ガス出口104をもつ。基体236Eは、冷却手段25から帰還した低温の低圧ガスが流入する低圧ガス入口233及び低圧ガス出口234をもつ。

【0086】

スパイラル管204Eの高圧ガス入口103から圧損通路100Eに流入したガスは、高圧ガス出口104から吐出される。このとき、圧損通路100Eに流入した高圧ガスは、低圧ガス通路232Eを流れる低温の低圧ガスにより熱交換されて冷却される。積層方向に隣接するスパイラル管204Eには、網状部材211Eにより低圧ガスが流れる流路207が形成されており、しかも網状部材211Eは銅等の熱伝導性が良好な金属で形成されていると共に、網目にガスが通るため、熱交換性を高めている。

【0087】

この熱交換器23Eによれば、圧損通路100Eを流れる冷媒の圧力をかなり低下させつつ、圧損通路100Eを流れる冷媒を冷却することができ、本発明で使用できる圧損促進型の熱交換器を提供することができる。

【0088】

(形態例4)

図10に示す熱交換器23Fは、高圧通路1aに連通する圧損通路100Fを有するパイプをスパイラル状に多重に連続的に巻回して形成されたスパイラル管204Fと、スパイラル管204Fを収容する低圧ガス通路232Fをもつ基体

236Fとで形成されている。スパイラル管204Fを形成するパイプの外周面には熱交換促進用のフィン208が設けられている。フィン208は熱伝導性が良好な銅等の金属で形成されている。抵抗体209を上記パイプ内に多数詰めることにより、圧損通路100Fは多孔質状に形成されている。抵抗体209は、冷媒のガスの流れに対して抵抗性を有すると共に熱伝導性が良好な銅等の金属で形成されている。抵抗体209としては球状物等を例示できる。抵抗体209のサイズを変更すれば、圧損通路100Fの圧損程度を調整できる。圧損通路100Fの流路径は0.01～3ミリメートル、その長さは0.1～200メートルに設定することができる。

【0089】

冷却手段25から帰還した低温の低圧ガスが基体236Fの低圧ガス通路232Fを流れる。このとき圧損通路100Fを流れる高圧のガスは、低圧ガス通路232Fの低温の低圧ガスにより熱交換されて冷却される。

【0090】

更に図10に示すように、パイプに形成された熱交換促進用のフィン208により熱交換性が一層促進されている。抵抗体209としては球状物等が熱伝導性の良好な銅等の金属で形成されていれば、圧損通路100Fの圧損を大きくすると共に熱交換性を高めることができる。

【0091】

この熱交換器23Fによれば、圧損通路100Fを流れる冷媒の圧力をかなり低下させつつ、圧損通路100Fを流れる冷媒を冷却することができ、本発明で使用できる圧損促進型の熱交換器を提供することができる。

【0092】

(形態例5)

図11に示す圧損促進型の熱交換器23Gは、外筒状の基体236Gと、基体236G内に配設された内側部材としての内筒237Gと、内筒237G内に配置された円柱形状の通路形成部材235Gと、基体236Gと内筒237Gとの間に配設された低圧ガス通路232G内に配設された熱伝導促進部材238Gとで形成されている。熱伝導促進部材238Gは、熱伝導性が良好な銅等の金属で

形成されており、流路を形成するように網状とされている。内筒237Gの内周面と通路形成部材235Gの外周面とで、リング形状の圧損通路100Gが形成されている。圧損通路100Gは、通路形成部材235Gに形成された高圧ガス入口103及び高圧ガス出口104をもつ。基体236Gは低圧ガス入口233及び低圧ガス出口234をもつ。

【0093】

圧損通路100Gの高圧ガス入口103から圧損通路100Gに流入した高圧ガスは、高圧ガス出口104から吐出される。冷却手段25から帰還した低温の低圧ガスは、低圧ガス入口233から低圧ガス通路232Gに流れ、低圧ガス出口234から吐出される。このとき、圧損通路100Gに流入した高圧ガスは、低圧ガス通路232Gを流れる低温の低圧ガスにより熱交換されて冷却される。熱伝導促進部材238Gにより熱交換性が更に促進されている。この熱交換器23Gによれば、圧損通路100Gを流れる冷媒の圧力をかなり低下させつつ、圧損通路100Gを流れる冷媒を冷却することができ、本発明で使用できる圧損促進型の熱交換器を提供することができる。

【0094】

(形態例6)

図12に示す圧損促進型の熱交換器23Hは、外筒状の基体236Hと、基体236H内に配設された内筒237Hと、内筒237H内に配置された円柱形状の通路形成部材235Hと、基体236Hと内筒237Hとの間に配設された低圧ガス通路232H内に配設された熱伝導促進部材238Hとで形成されている。熱伝導促進部材238Hは、熱伝導性が良好な銅等の金属で形成され、且つ、流路を形成するように網状とされている。

【0095】

通路形成部材235Hの外周面には、スパイラル溝状の圧損通路100Hが連続的に形成されている。圧損通路100Hは、通路形成部材235Hに形成された高圧ガス入口103及び高圧ガス出口104をもつ。基体236Hは低圧ガス通路232Hに連通する低圧ガス入口233及び低圧ガス出口234をもつ。

【0096】

圧損通路 100H の高圧ガス入口 103 から圧損通路 100H に流入した高圧ガスは、高圧ガス出口 104 から吐出される。冷却手段 25 から帰還した低温の低圧ガスは、低圧ガス入口 233 から低圧ガス通路 232H に流れ、低圧ガス出口 234 から吐出される。このとき、圧損通路 100H に流入した高圧ガスは、低圧ガス通路 232H を流れる低温の低圧ガスにより熱交換されて冷却される。熱伝導促進部材 238H により熱交換性が一層促進されている。この熱交換器 23H によれば、圧損通路 100H を流れる冷媒の圧力をかなり低下させつつ、圧損通路 100H を流れる冷媒を冷却することができ、本発明で使用できる圧損促進型の熱交換器を提供することができる。

【0097】

(形態例 7)

図 13 に示す圧損促進型の熱交換器 23K は、外筒状の基体 236K と、基体 236K 内に配設された内側部材としての内筒 237K と、内筒 237K 内に配設され圧損通路 100K を細孔で形成する多孔質体 239K と、基体 236K と内筒 237K との間に配設された低圧ガス通路 232K 内に配設された熱伝導促進部材 238K とで形成されている。熱伝導促進部材 238K は、熱伝導性が良好な銅等の金属で形成されており、且つ、流路を形成するように網状とされている。ここで図 13 に示す K は符号を意味する。

【0098】

多孔質体 239K は、間隔を隔てて積層された状態で複数個直列に配置されている。積層方向において隣設する多孔質体 239K 間には、熱伝導促進部材 238K が配置されている。この熱伝導促進部材 238K は、熱伝導性が良好な銅等の金属で形成され、且つ、流路を形成するように網状とされている。

【0099】

高圧ガス入口 103 から圧損通路 100K に流入した高圧ガスは、高圧ガス出口 104 から吐出される。冷却手段 25 から帰還した低温の低圧ガスは、低圧ガス入口 233 から低圧ガス通路 232K に流れ、低圧ガス出口 234 から吐出される。このとき、圧損通路 100K に流入した高圧ガスは、低圧ガス通路 232K を流れる低温の低圧ガスにより熱交換されて冷却される。熱伝導促進部材 23

8により熱交換性が一層促進されている。この熱交換器23Kによれば、圧損通路100Kを流れる冷媒の圧力をかなり低下させつつ、圧損通路100Kを流れる冷媒を冷却することができ、本発明で使用できる圧損促進型の熱交換器を提供することができる。

【0100】

(形態例8)

図14に示す圧損促進型の熱交換器23Mは、外筒状の基体236Mと、基体236M内に配設された内筒237Mと、圧損通路100Mを形成する径小の貫通孔を有する複数個の板状部材240Mと、基体236Mと内筒237Mとの間に配設された低圧ガス通路232M内に配設された熱伝導促進部材238Mとで形成されている。熱伝導促進部材238Mは、熱伝導性が良好な銅等の金属で形成され、且つ、流路を形成するように網状とされている。

【0101】

板状部材240Mは、間隔を隔てて並設された状態で内筒237M内に複数個直列に配置されている。並設方向において隣設する板状部材240M間には、熱伝導促進部材238Mが配置されている。この熱伝導促進部材238Mは熱伝導性が良好な銅等の金属で形成されており、且つ、流路を形成するように網状とされている。

【0102】

高圧ガス入口103から圧損通路100Mに流入した高圧ガスは、高圧ガス出口104から吐出される。冷却手段25から帰還した低温の低圧ガスは、低圧ガス入口233から低圧ガス通路232Mに流れ、低圧ガス出口234から吐出される。このとき、圧損通路100Mに流入した高圧ガスは、低圧ガス通路232Mを流れる低圧ガスにより熱交換されて冷却される。熱伝導促進部材238Mにより熱交換性が促進されている。この熱交換器23Mによれば、圧損通路100Mを流れる冷媒の圧力をかなり低下させつつ、圧損通路100Mを流れる冷媒を冷却することができ、本発明で使用できる圧損促進型の熱交換器を提供することができる。

【0103】

(形態例 9)

図15に示す圧損促進型の熱交換器23Nは、外筒状の基体236Nと、基体236N内に配設された内筒237Nと、内筒237N内に複数枚積層されて配置され圧損通路100Nを形成する径小の貫通孔を有する複数個の板状部材240Nと、基体236Nと内筒237Nとの間に配設された低圧ガス通路232N内に配設された熱伝導促進部材238Nとで形成されている。熱伝導促進部材238Nは熱伝導性が良好な銅等の金属で形成された網状とされている。板状部材240Nは、間隔を隔てて積層された状態で内筒237N内に複数個直列に配置されている。積層方向において隣接する板状部材240N間には、スペーサ部材206Nが配置されている。このスペーサ206Nは熱伝導性が良好な銅等の金属で形成することができる。

【0104】

高圧ガス入口103から圧損通路100Nに流入した高圧ガスは、高圧ガス出口104から吐出される。このとき、圧損通路100Nに流入した高圧ガスは、低圧ガス通路232Nを流れる低圧ガスにより熱交換されて冷却される。熱伝導促進部材238Nにより熱交換性が促進されている。この熱交換器23Nによれば、圧損通路100Nを流れる冷媒の圧力をかなり低下させつつ、圧損通路100Nを流れる冷媒を冷却することができ、本発明で使用できる圧損促進型の熱交換器を提供することができる。

【0105】

なお、図11～図15の熱交換器の形態例において、外筒状の基体の内径は20～200ミリメートルにでき、内管の内径は10～100ミリメートルとすることができる。

【0106】

(他の実施例)

第2実施例～第4実施例を図16～図18を参照して示す。第2実施例～第4実施例は第1実施例と同様の構成であり、第1実施例と同様の作用効果を奏する。第2実施例～第4実施例においても、圧損促進型の熱交換器23に流入する前の冷媒の圧力をP_hとし、冷却手段に流入する前の冷媒の圧力をP_cとし、P_h

とPcとの圧力の差を100%としたとき、圧損促進型の熱交換器23は、100%のうちの5%以上の比率で冷媒の圧力を低下させつつ、冷媒を冷却させる。

【0107】

図16は第2実施例を示す。第2実施例によれば、第1実施例で用いられていた低温側のジュールトムソン弁24が廃止されているものの、常温領域に配置されている弁15が設けられている。高温側の弁15は、第1実施例における低温側のジュールトムソン弁24による圧力低減機能を兼ねるように設定することができる。高温側の弁15は、常温領域に配置されているため、操作性が良好であり、万一、詰まり等の不具合が生じてもメンテナンスは容易である。低温側のジュールトムソン弁24が廃止されているため、低温側のジュールトムソン弁24における詰まりの不具合を解消することができる。

【0108】

図17は第3実施例を示す。第3実施例によれば、低温側のジュールトムソン弁24及び高温側の弁15の双方が廃止されている。低温側のジュールトムソン弁24が廃止されているため、低温側のジュールトムソン弁24における詰まりの不具合を解消することができる。このように低温側のジュールトムソン弁24を廃止するにあたり、最後の熱交換器23における冷媒の圧力低下を確保する必要がある。

【0109】

図18は第4実施例を示す。第4実施例によれば、低温側のジュールトムソン弁24が設けられているものの、高温側の弁15は廃止されている。

【0110】

(その他)

上記した実施例によれば、圧送手段としてのコンプレッサー部11を主冷凍回路1及び予冷冷凍機であるパルス管冷凍機3とで共用しているが、これに限らず、主冷凍回路1専用のコンプレッサー部、予冷冷凍機専用のコンプレッサー部を設けることにも良い。パルス管冷凍機3は1ステージタイプでも、3ステージタイプでも良い。上記した第1実施例によれば、予冷冷凍機としてパルス管冷凍機3を用いているが、これに限らず、ギフォード・マクマホン冷凍機、ソルベ

イ冷凍機、ヴィルミエ冷凍機またはスターリング冷凍機としても良い。

【0111】

上記した実施例によれば、高圧通路1aには熱交換器21、22、23が並設されているが、極低温発生装置の用途によっては、熱交換器22、23としても良く、熱交換器23のみでも良い。その他、本発明は上記した実施例のみに限定されるものではなく、要旨を逸脱しない範囲内で適宜変更して実施できるものである。発明の実施の形態、実施例に記載の語句は一部であっても、請求項に記載できるものである。

【0112】

【発明の効果】

以上説明したように本発明に係るによれば、極低温を得るのに有利であり、ヘリウム等の冷媒の液化に有利な極低温発生装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例に係り、極低温発生装置の概念を示す構成図である。

【図2】圧損促進型の熱交換器の高圧ガス通路における冷媒の圧力低下の状況を示すグラフである。

【図3】圧損促進型の熱交換器の高圧ガス通路における冷媒の高圧ガス、低圧ガス通路における冷媒の低圧ガスの温度変化の状況を示すグラフである。

【図4】冷媒のエントロピーと温度との関係を示すグラフである。

【図5】形態例1に係り、圧損促進型の熱交換器の要部を示す斜視図である。

【図6】形態例2に係り、圧損促進型の熱交換器を示す断面図である。

【図7】形態例2に係り、圧損促進型の熱交換器を構成するスパイラル管を示す構成図である。

【図8】スペーサ部材をスパイラル管に取り付けた状態を示す構成図である。

【図9】形態例3に係り、圧損促進型の熱交換器を示す構成図である。

【図10】形態例4に係り、圧損促進型の熱交換器を示す構成図である。

【図11】形態例5に係り、圧損促進型の熱交換器を示す構成図である。

【図12】形態例6に係り、圧損促進型の熱交換器を示す構成図である。

【図13】形態例7に係り、圧損促進型の熱交換器を示す構成図である。

【図14】形態例8に係り、圧損促進型の熱交換器を示す構成図である。

【図15】形態例9に係り、圧損促進型の熱交換器を示す構成図である。

【図16】第2実施例に係り、極低温発生装置の概念を示す構成図である。

【図17】第3実施例に係り、極低温発生装置の概念を示す構成図である。

【図18】第4実施例に係り、極低温発生装置の概念を示す構成図である。

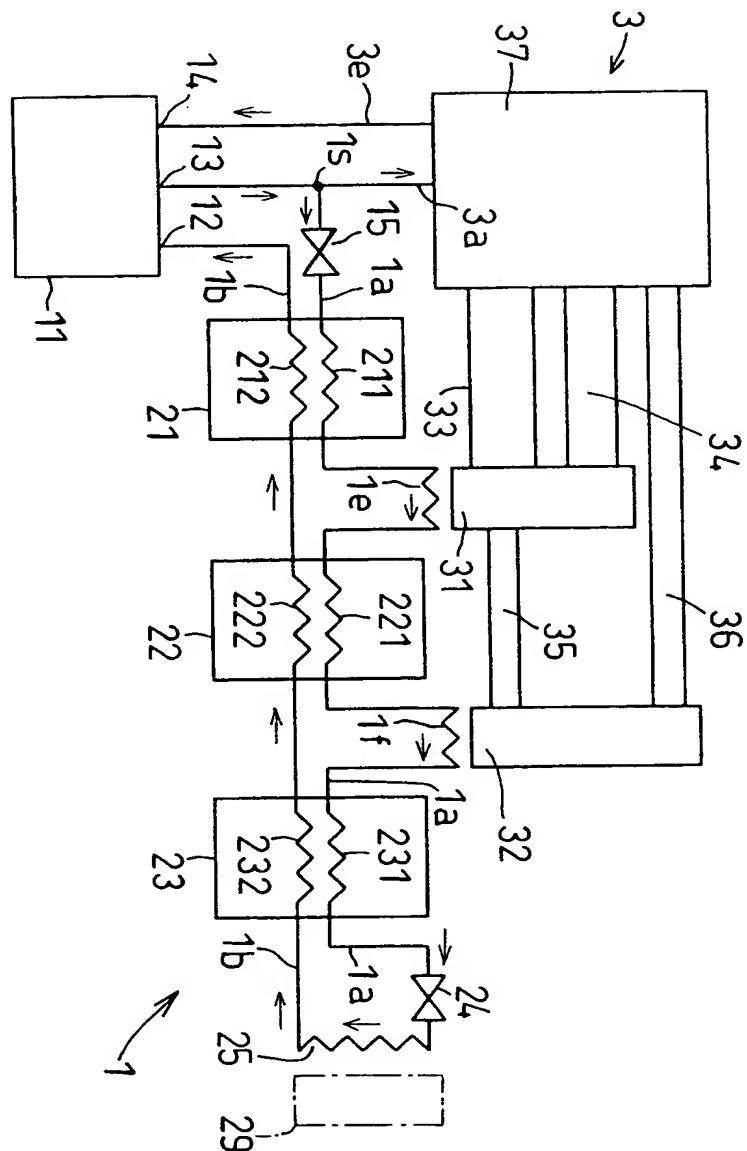
【符号の説明】

図中、1は主冷凍回路、11はコンプレッサー部（圧送手段）、12は低圧ガスポート（吸込ポート）、13は高圧ガスポート（吐出ポート）、14は中圧ガスポート、25は冷却手段、21、22は熱交換器、23は圧損促進型の熱交換器、231は高圧ガス通路、232は低圧ガス通路、24はジュールトムソン弁、3はパルス管冷凍機（予冷冷凍機）、100は圧損通路を示す。

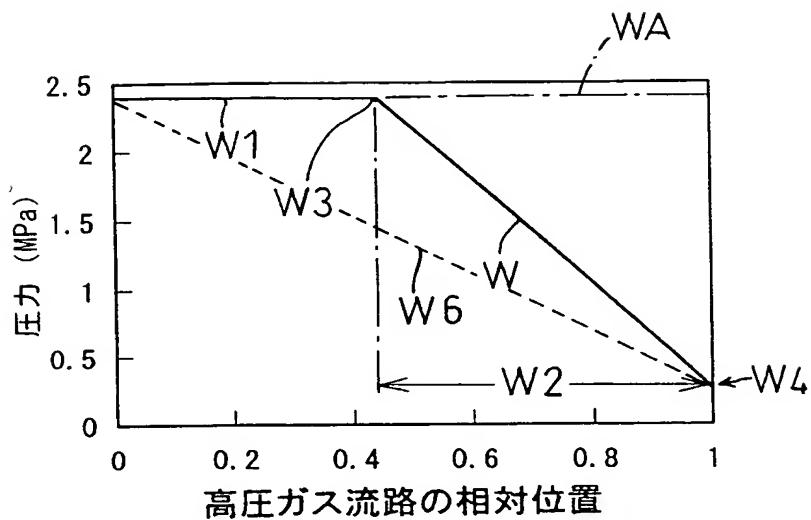
【書類名】

図面

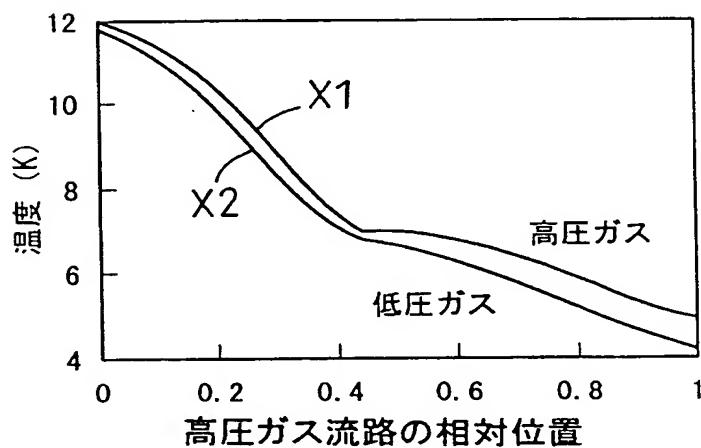
【図 1】



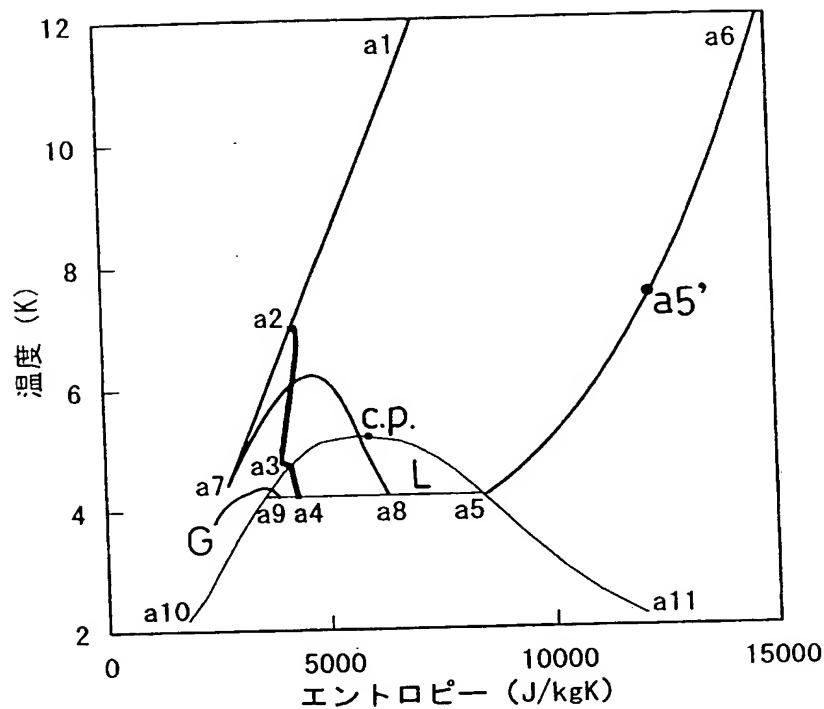
【図2】



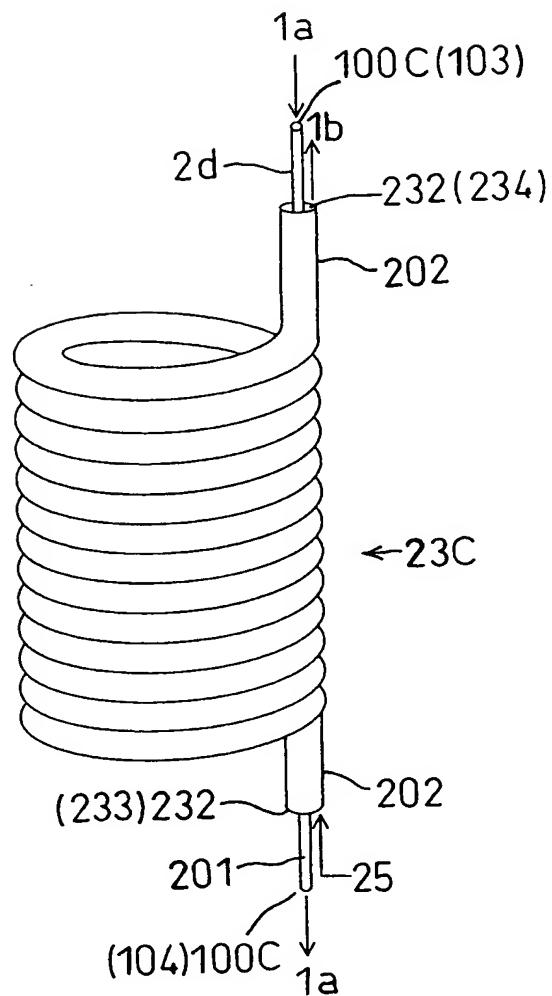
【図3】



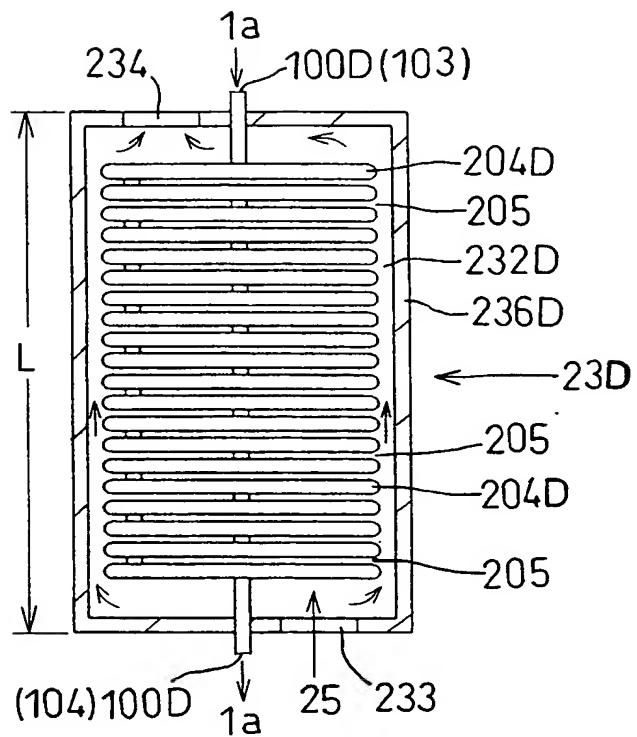
【図 4】



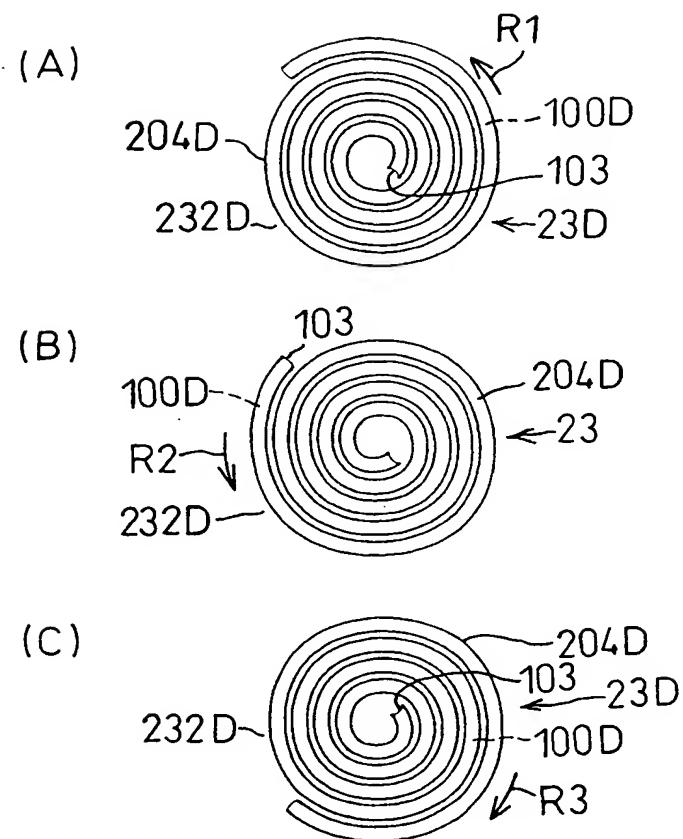
【図5】



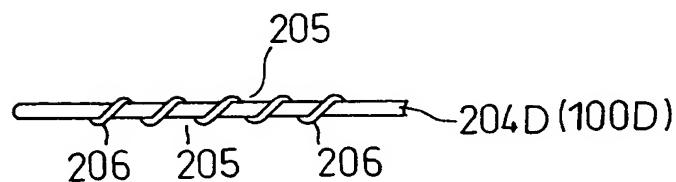
【図6】



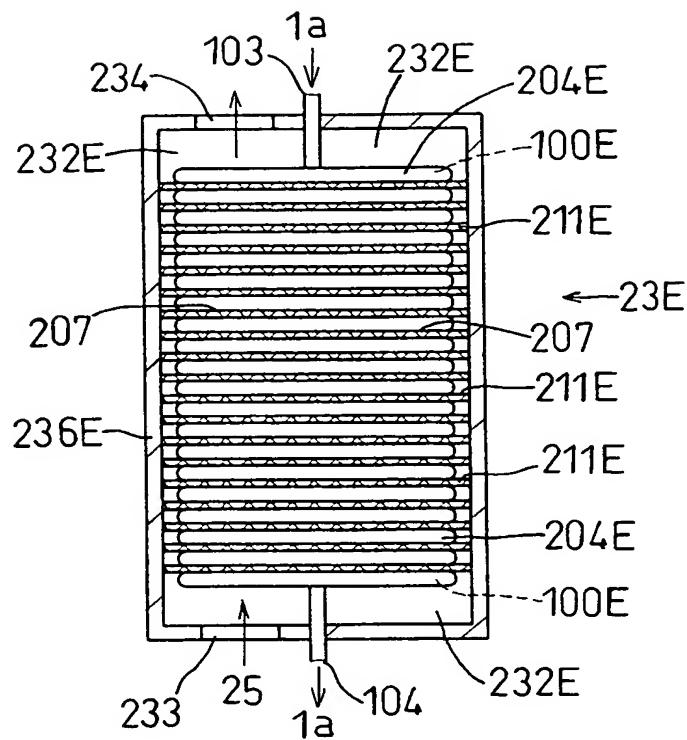
【図 7】



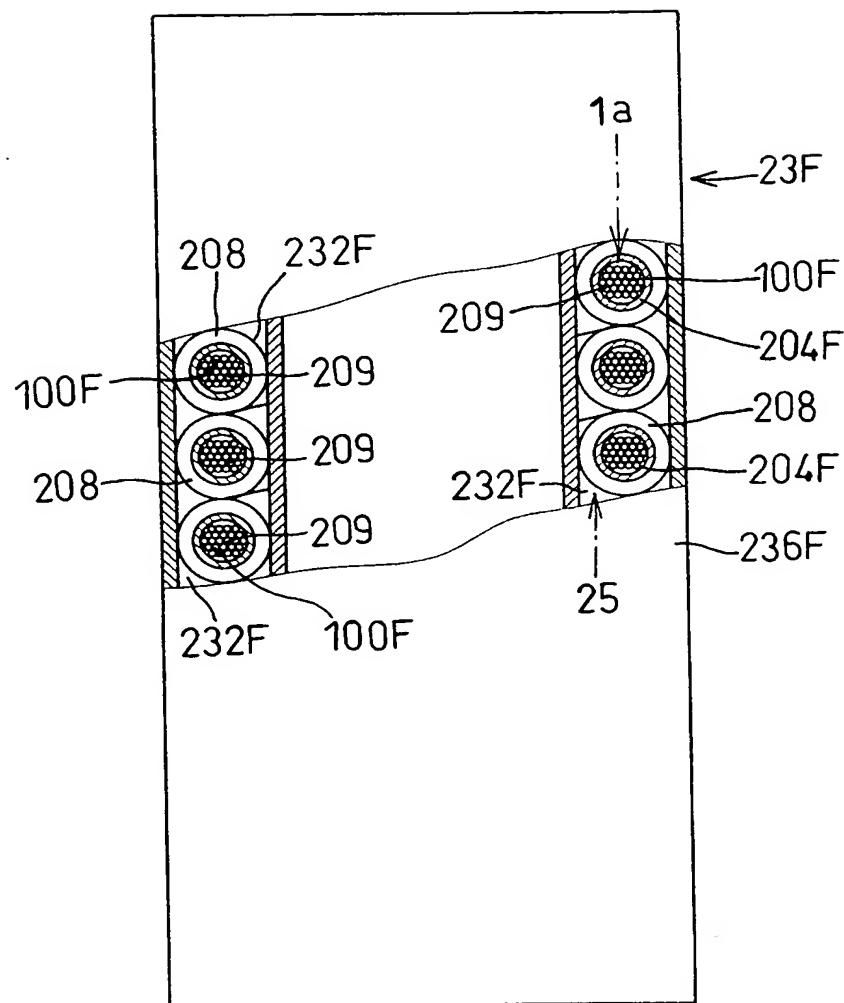
【図 8】



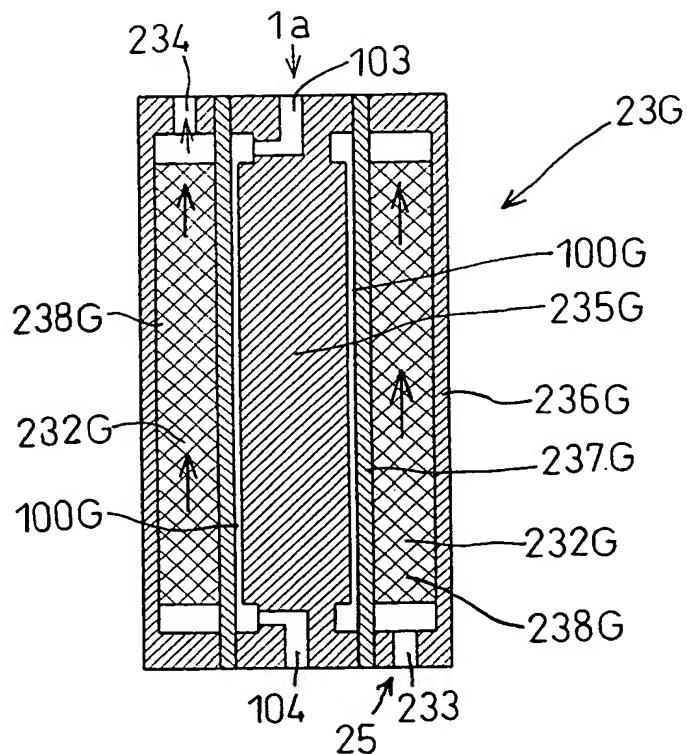
【図9】



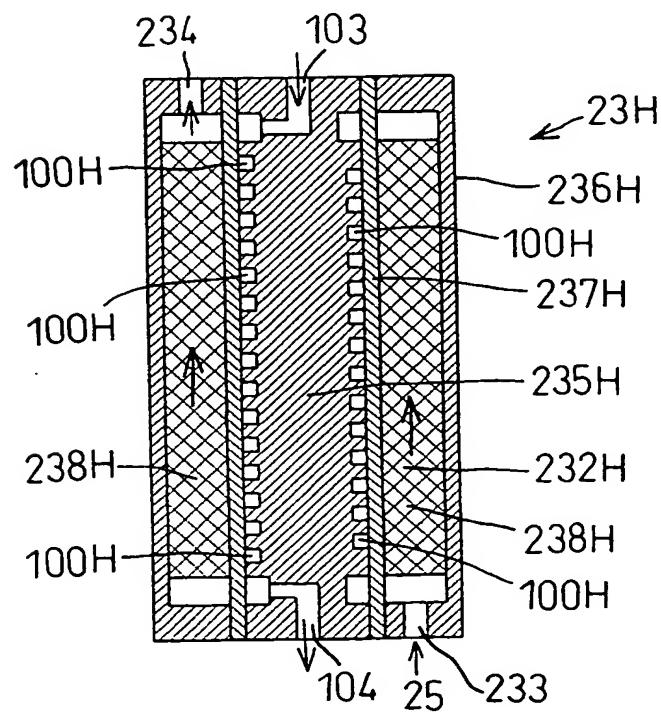
【図10】



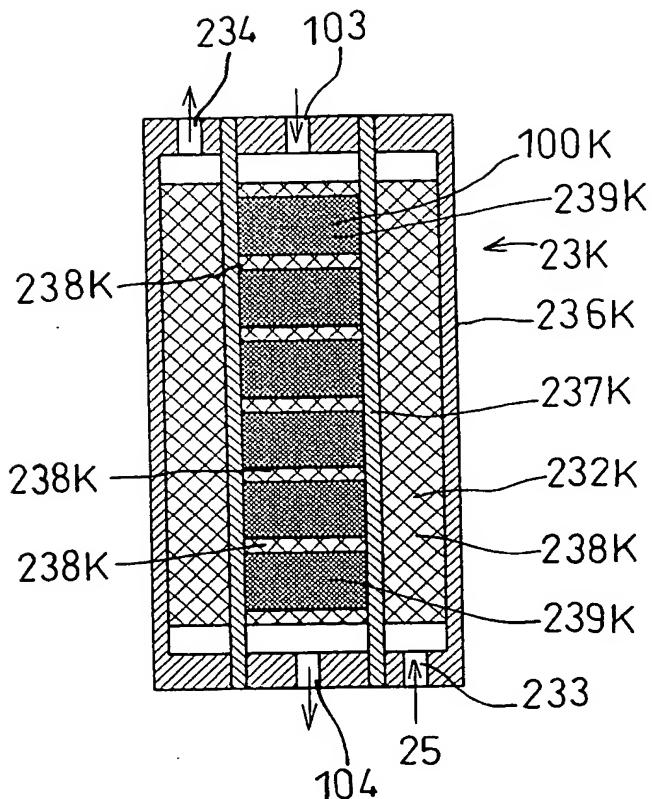
【図11】



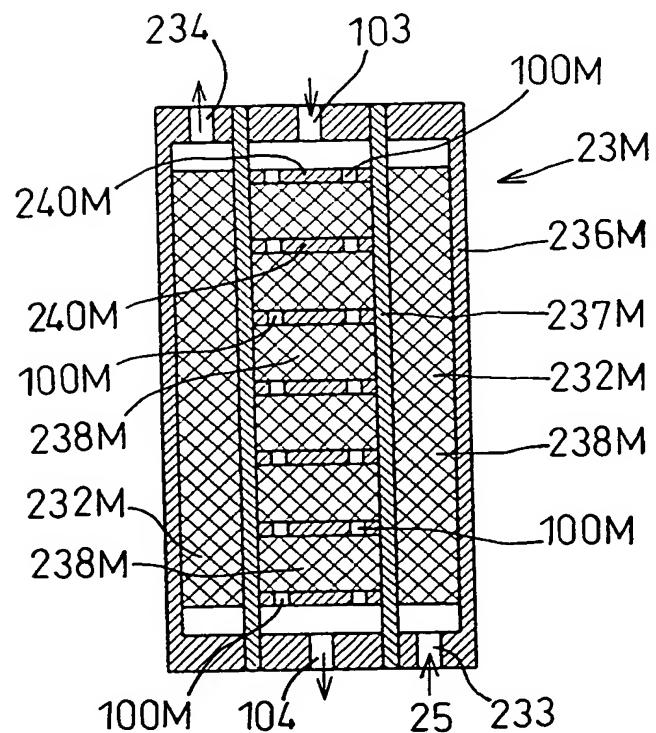
【図12】



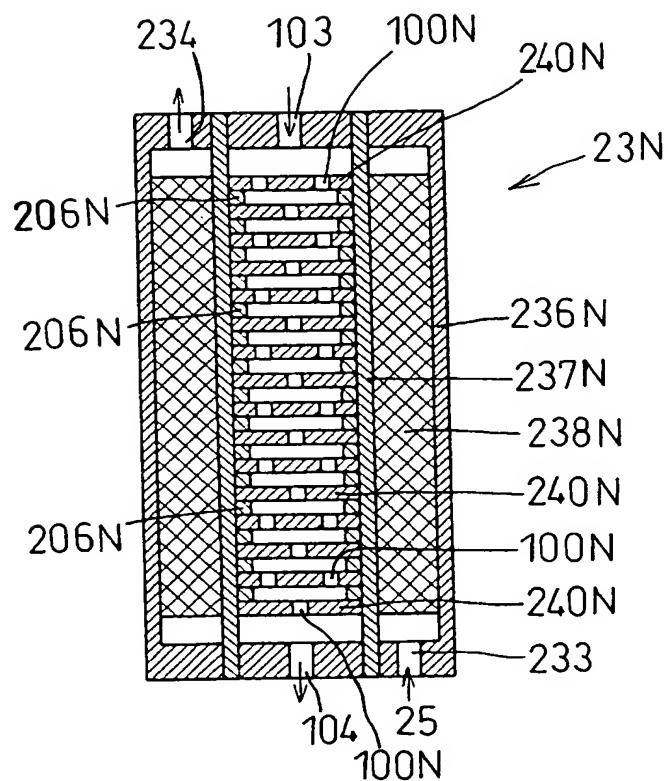
【図13】



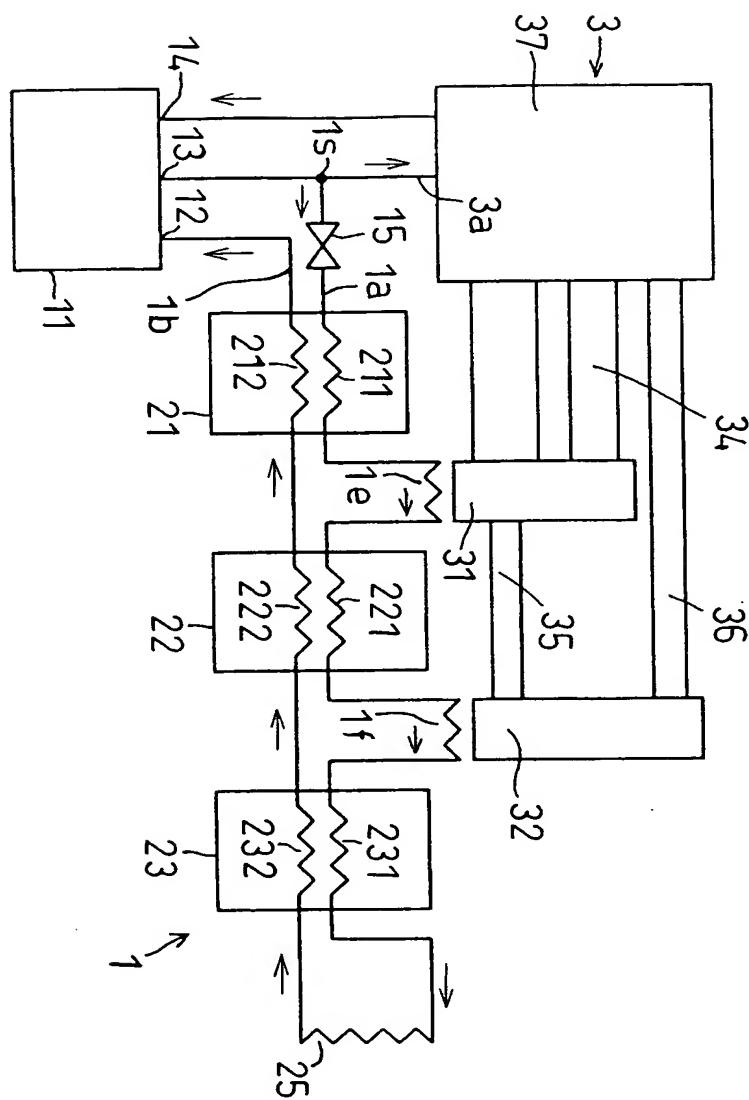
【図14】



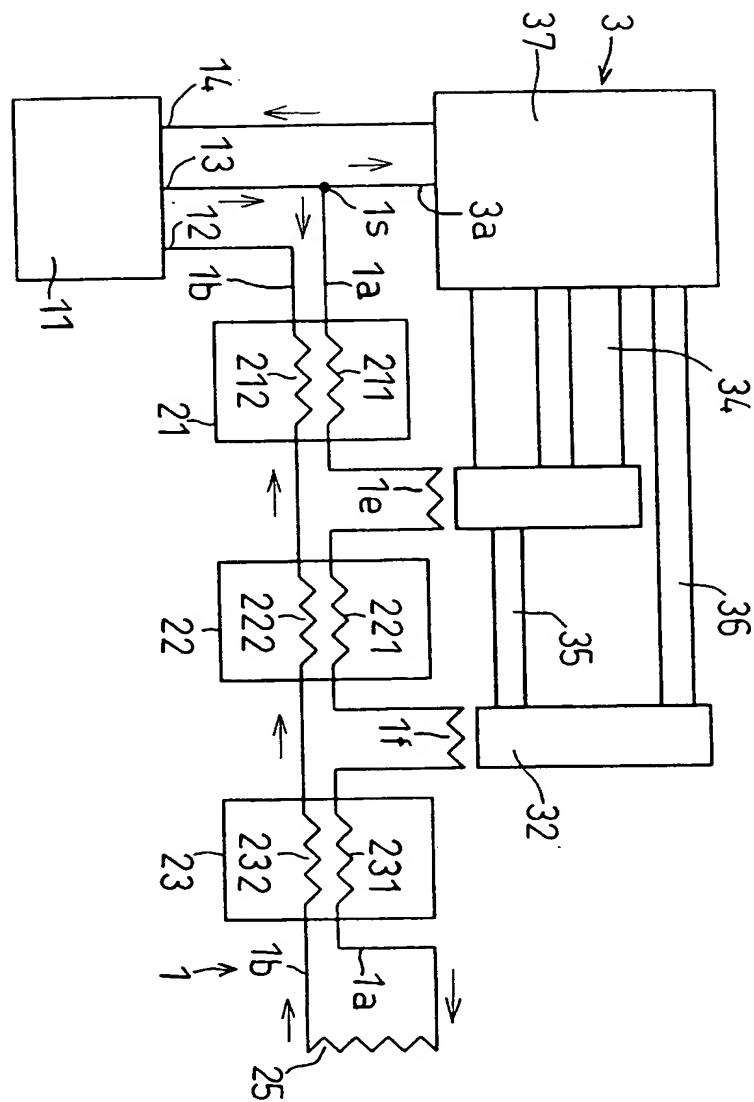
【図15】



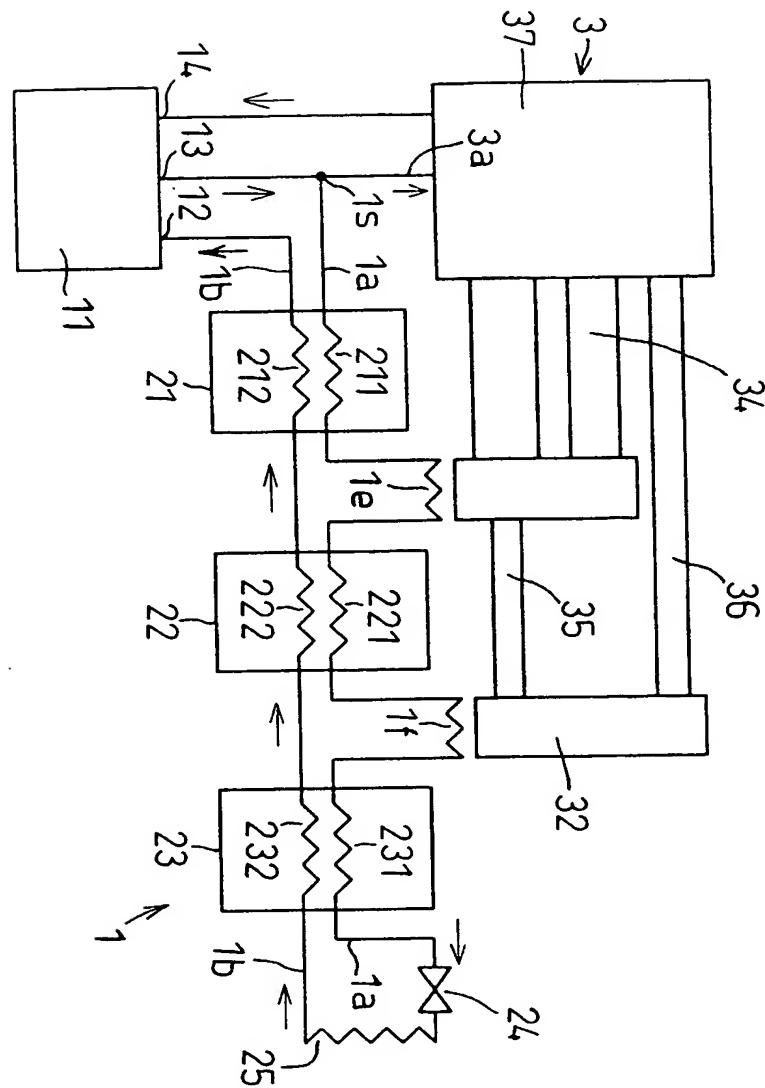
【図16】



【図17】



【図18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 極低温を得るのに有利であり、ヘリウム等の冷媒の液化に有利な極低温発生装置を提供する。

【解決手段】 圧送手段11と、被冷却体29を冷却する冷却手段25と、圧送手段11の吐出ポートと冷却手段25とを連通する高圧通路1aと、圧送手段11の吸込ポートと冷却手段25とを連通する低圧通路1bと、高圧通路1aに直列に並設された1又は2以上の熱交換器とをもつ。熱交換器は、冷却手段25に流入する前の高圧通路1aの冷媒の圧力を低下させる圧損促進型の熱交換器23を含む。熱交換器23に流入する前の冷媒の圧力をP_hとし、冷却手段25に流入する前の冷媒の圧力をP_cとし、P_hとP_cとの圧力の差を100%としたとき、熱交換器23は、100%のうちの5%以上の比率で冷媒の圧力を低下させつつ冷媒を冷却させる。

【選択図】 図1



特願 2003-092027

出願人履歴情報

識別番号 [00000011]

1. 変更年月日 1990年 8月 8日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
氏 名 アイシン精機株式会社